



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **99405** (13) **U**
(51) МПК (2015.01)
B64D 15/00

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2013 12035	(72) Винахідник(и): Коробко Володимир Владиславович (UA), Рижков Сергій Сергійович (UA), Кондратенко Юрій Пантелійович (UA), Трушляков Євгеній Іванович (UA), Коробко Олексій Володимирович (UA)
(22) Дата подання заявки: 14.10.2013	
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 10.06.2015	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 10.06.2015, Бюл.№ 11	(73) Власник(и): НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ ІМЕНІ АДМІРАЛА МАКАРОВА, пр-т Героїв Сталінграда, 9, м. Миколаїв, 54025 (UA)

(54) ТЕРМОАКУСТИЧНИЙ ДВИГУН З СИСТЕМОЮ АВТОМАТИЧНОЇ СТАБІЛІЗАЦІЇ ТЕМПЕРАТУРНОГО ГРАДІЄНТА РЕГЕНЕРАТОРА

(57) Реферат:

Термоакустичний двигун містить резонатор, в порожнині якого розташовані послідовно гарячий теплообмінник, регенератор, холодний теплообмінник та датчики температури, що встановлені на поверхнях гарячого та холодного теплообмінників, датчик витрати теплоносія, насос, електромеханічний керований клапан та мікропроцесорний керуючий пристрій, вхідний патрубок гарячого теплообмінника, на якому встановлено датчик витрати теплоносія, підключено до джерела вторинних енергоресурсів. Вихідний патрубок гарячого теплообмінника підключено до насоса, відповідні входи мікропроцесорного керуючого пристрою підключені до виходів датчиків температури та датчика витрати теплоносія, а вихід мікропроцесорного керуючого пристрою - до керованого входу електромеханічного клапана.

UA 99405 U

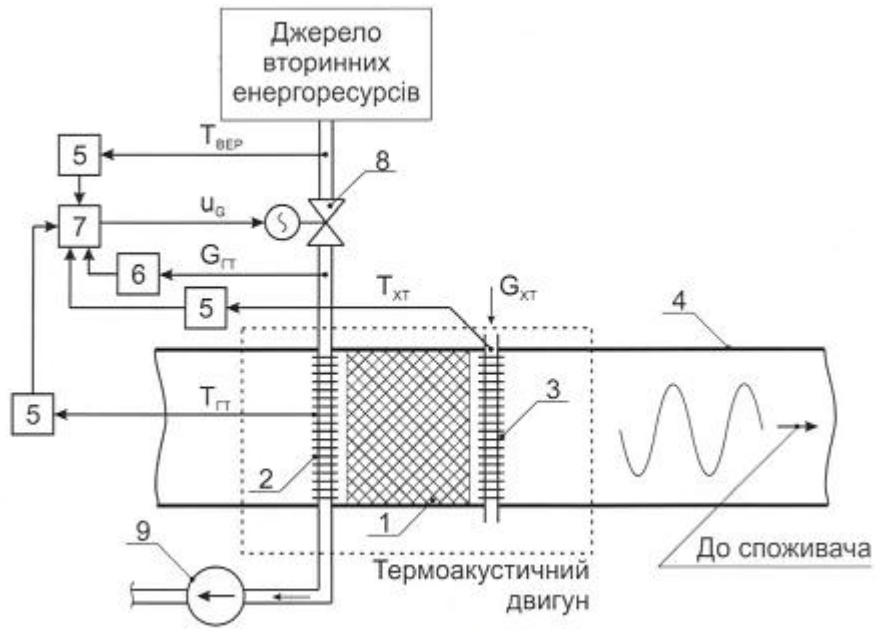


Fig. 1

Корисна модель належить до теплових двигунів, зокрема до двигунів з зовнішнім підведенням тепла, й може бути використана як привод для термоакустичних теплових насосів та рефрижераторів, генераторів електричної енергії тощо.

Відомо про технічні рішення, робота яких базується на взаємних перетвореннях теплової та акустичної енергії. Прикладом таких теплових машин є термоакустичний двигун, згідно з патентом США № 4141380 [US 4141380, Traveling Wave Heat Engine, P. Ceperley, 1978], що складається з резонатора, регенератора та двох рекуперативних теплообмінників - нагрівача та охолоджувача. Двигун генерує стоячу акустичну хвилю завдяки створенню температурного градієнта вздовж регенератора, для чого використовує зовнішні джерела теплової енергії. Такий пристрій має наступні недоліки:

- низька надійність термоакустичного двигуна за рахунок неконтрольованості робочих процесів, що зумовлена відсутністю пристроїв фіксації поточного стану термоакустичного двигуна;

- низькі функціональні можливості, оскільки відсутність можливостей формування інформації щодо значень основних робочих показників термоакустичного двигуна унеможливує здійснення процесів регулювання та виведення термоакустичного двигуна на оптимальний робочий режим, зокрема завдяки підтриманню постійного значення інтенсивності розповсюдження акустичної хвилі через стабілізацію температурного градієнта ∇T вздовж регенератора.

Найбільш близьким аналогом до запропонованого є термоакустичний двигун з системою контролю температурних показників зовнішньої стінки резонатора [Atchley A. Study of a thermoacoustic prime mover below onset of self-oscillation / A. Atchley, H. Bass, T. Hofler, H. Lin // J. Acoust. Soc. Am. - № 91(2), 1992. - P. 734-743]. Цей термоакустичний двигун має у своєму складі резонатор, регенератор, гарячий теплообмінник з електричним нагрівальним елементом, холодний теплообмінник рекуперативного типу з рідинним теплоносієм, датчики температури, які встановлені на поверхнях гарячого та холодного теплообмінників, виходи яких підключені до контуру стабілізації температури зовнішньої стінки резонатора з автоматично керованим термостатом.

Такий пристрій має обмежені функціональні можливості, що робить неможливим його застосування в системах утилізації вторинних енергоресурсів через безпосереднє використання електричного нагрівача, який потребує підведення електричної енергії. Як джерела вторинних енергоресурсів можуть виступати вихідні гази колектора двигуна внутрішнього згоряння, відхідне тепло систем охолодження енергетичних об'єктів тощо.

В основу корисної моделі поставлено задачу удосконалення термоакустичного двигуна шляхом заміни нагрівального елемента гарячого теплообмінника з електричного на рекуперативний з рідинним теплоносієм та введенням додаткових електронних блоків, що дозволить в автоматичному режимі стабілізувати значення температурного градієнта ∇T вздовж регенератора при роботі термоакустичного двигуна від зовнішніх джерел вторинних енергоносіїв.

Поставлена задача вирішується тим, що запропонований термоакустичний двигун, який містить резонатор, в порожнині якого розташовані: регенератор та теплообмінники - нагрівач та охолоджувач, згідно з корисною моделлю, оснащено системою автоматичного регулювання, яка складається із мікропроцесорного блока, входи якого під'єднані до датчиків температури та витрати теплоносія теплообмінників термоакустичного двигуна, а вихід під'єднано до виконавчого органу управління у вигляді керованого електромеханічного клапана, що регулює значення витрати теплоносія через гарячий теплообмінник.

На фіг. 1 представлено схему термоакустичного двигуна з системою автоматичної стабілізації температурного градієнта регенератора, де позначено: 1 - регенератор, 2, 3 - гарячий та холодний теплообмінники, 4 - резонатор, 5 - датчики температури, 6 - датчик витрати рідинного теплоносія, 7 - мікропроцесорний пристрій, 8 - керований електромеханічний клапан, 9 - насос, u_G - вихідний сигнал мікропроцесорного блока, T_{BEP} - температура вторинних енергоресурсів, $G_{гд}$, $G_{хт}$ - значення витрат гарячого і холодного теплоносіїв. На фіг. 2 наведено графіки зміни температурних показників термоакустичного двигуна з системою автоматичної стабілізації температурного градієнта регенератора та без неї. На фіг. 2 позначено: $T_{гт}$, $T_{хт}$ - криві зміни температур гарячого та холодного теплообмінників, T_{work} - робоче значення температури гарячого теплообмінника, ∇T_{max} - максимальне значення температурного градієнта, ∇T_{opt} - оптимальне значення температурного градієнта, ∇T_{work} - робоче значення температурного градієнта без корекції, ∇T_{cor} - скориговане робоче значення температурного градієнта, ∇T_{lost} - значення температурного градієнта, що втрачається під час роботи термоакустичного двигуна.

Термоакустичний двигун з системою автоматичної стабілізації температурного градієнта регенератора містить регенератор 1, температурний градієнт ∇T вздовж якого утворюється гарячим 2 та холодним 3 теплообмінниками, резонатор 4, датчики температури 5, датчик витрати рідинного теплоносія 6, мікропроцесорний пристрій 7, керований електромеханічний клапан 8 та насос 9.

Датчики температури 5 встановлено на поверхні гарячого та холодного теплообмінників, а також в патрубку теплоносія виходу джерела вторинних енергоресурсів, виходи датчиків з'єднані зі входами мікропроцесорного блока 7, датчик витрати теплоносія 6 встановлено на вхідному патрубку теплоносія гарячого теплообмінника, а його вихід з'єднано зі входом мікропроцесорного блока 7, вихід мікропроцесорного блока 7 з'єднано з керованим електромеханічним клапаном 8, що встановлено на вхідному патрубку гарячого теплообмінника, до виходу гарячого теплообмінника підключено насос 9.

Як датчики температури 5 можуть бути використані термопари або напівпровідникові датчики, датчик витрати теплоносія 6, мікропроцесорний блок 7 та керований електромеханічний клапан 8 є типовими компонентами систем промислової автоматики. Насос 9 може бути підключено до джерела вторинних енергоресурсів як за замкненням (теплоносієм циклічно прокачується через теплообмінники джерела вторинних енергоресурсів та термоакустичної установки), так і за розімкненням циклом (теплоносієм відбирає тепло з джерела вторинних енергоресурсів та віддає його до теплообмінника термоакустичного двигуна, після чого виводиться з системи).

Запропонований пристрій працює наступним чином.

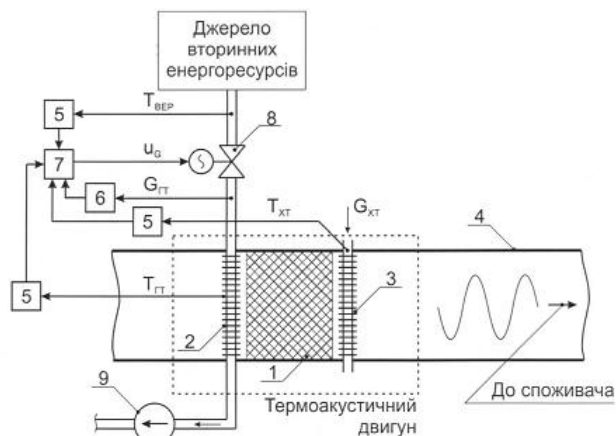
В початковий момент часу клапан 8 перекрито, через холодний теплообмінник прокачується рідинний теплоносієм з температурою, наближеною до навколишнього середовища. Після відкриття клапана 8 та ввімкнення насоса 9 відбувається запам'ятовування значення температури $T_{\text{БЕР}}$ мікропроцесорним блоком 7, дане значення приймається як максимально досягне значення температури гарячого теплообмінника. Важливо відмітити, що проектоване значення робочої температури T_{work} термоакустичного двигуна має бути нижчим за $T_{\text{БЕР}}$. Після відкриття клапана 8 відбувається поступове збільшення температури гарячого теплообмінника $T_{\text{ГТ}}$, а також зумовлене явищами теплопередачі в резонаторі термоакустичного двигуна підвищення температури холодного теплообмінника $T_{\text{ХТ}}$. В момент старту двигуна температурний градієнт сягає свого максимального значення ∇T_{max} , після чого частина підведеної енергії відбирається на роботу двигуна та значення температури гарячого теплообмінника встановлюється на значенні T_{work} . Значення температурного градієнта ∇T_{opt} в момент остаточного встановлення температури T_{work} на гарячому теплообміннику (визначається за близьким до нуля значення похідної сигналу $T_{\text{ГТ}}$) запам'ятовується мікропроцесорним блоком 7 як оптимальне. При подальшій роботі термоакустичного двигуна без системи автоматичної стабілізації температурного градієнта регенератора відбувається поступове збільшення температури холодного теплообмінника до досягнення усталеного значення, яке є меншим за оптимальне на величину ∇T_{lost} , при цьому в усталеному режимі двигун працюватиме при температурному градієнті ∇T_{work} , що є меншим за оптимальний ∇T_{opt} . В разі застосування запропонованої системи автоматичної стабілізації температурного градієнта регенератора після початку росту температури холодного теплообмінника мікропроцесорний блок 7 згенерує керуючий вплив у вигляді електричного сигналу на клапан 8 та збільшить значення витрати теплоносія, що призведе до зростання температури гарячого теплообмінника і, як наслідок, збільшення значення температурного градієнта до ∇T_{cor} , що дорівнює ∇T_{opt} .

Вимкнення системи відбувається програмним способом за рахунок подачі мікропроцесорним пристроєм відповідного керуючого впливу на вхід керованого електромеханічного датчика. Припинення подачі теплоносія до гарячого теплообмінника зумовлює поступове зменшення його температури, за рахунок чого починає зменшуватись температурний градієнт ∇T термоакустичного двигуна, що призводить до поступової зупинки термоакустичного двигуна.

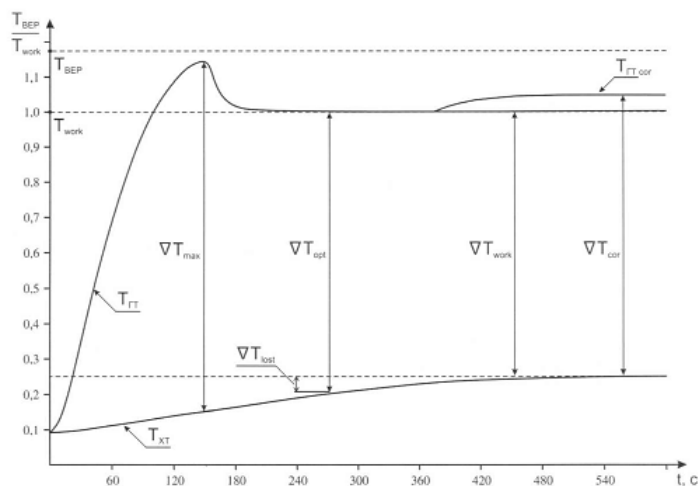
Позитивний ефект проявляється в тому, що в порівнянні з найближчим аналогом підвищується ефективність роботи термоакустичного двигуна за рахунок забезпечення автоматичного керування значенням градієнта регенератора. При цьому в разі нестабільності температури теплоносія холодного або гарячого теплообмінника система автоматичного регулювання здатна компенсувати коливання градієнту температур за рахунок регулювання значення витрати рідинного теплоносія гарячого теплообмінника.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Термоакустичний двигун, що містить резонатор, в порожнині якого розташовані послідовно гарячий теплообмінник, регенератор, холодний теплообмінник та датчики температури, що встановлені на поверхнях гарячого та холодного теплообмінників, який **відрізняється** тим, що додатково введено датчик витрати теплоносія, насос, електромеханічний керований клапан та мікропроцесорний керуючий пристрій, вхідний патрубок гарячого теплообмінника, на якому встановлено датчик витрати теплоносія, підключено до джерела вторинних енергоресурсів, а вихідний патрубок гарячого теплообмінника підключено до насоса, відповідні входи мікропроцесорного керуючого пристрою підключені до виходів датчиків температури та датчика витрати теплоносія, а вихід мікропроцесорного керуючого пристрою - до керованого входу електромеханічного клапана.



Фиг. 1



Фиг. 2

Комп'ютерна верстка Л. Бурлак

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Василя Липківського, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601